

TE-R2 PATENT ABSTRACTS OF JAPAN (1/2)

(11)Publication number : 09-168877

(43)Date of publication of application : 30.06.1997

(51)Int.Cl. B23K 26/00 B23K 26/08 B23K 26/14 H05K 3/00

21)Application number : 07-333815 (71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

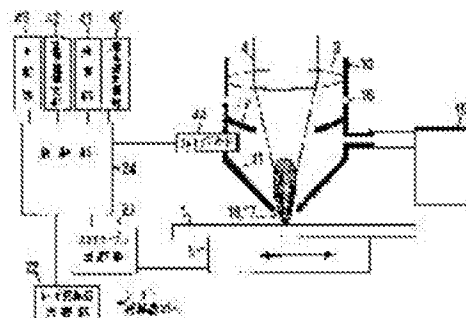
(22)Date of filing : 21.12.1995 (72)Inventor : TAKENO YOSHIMIZU et al

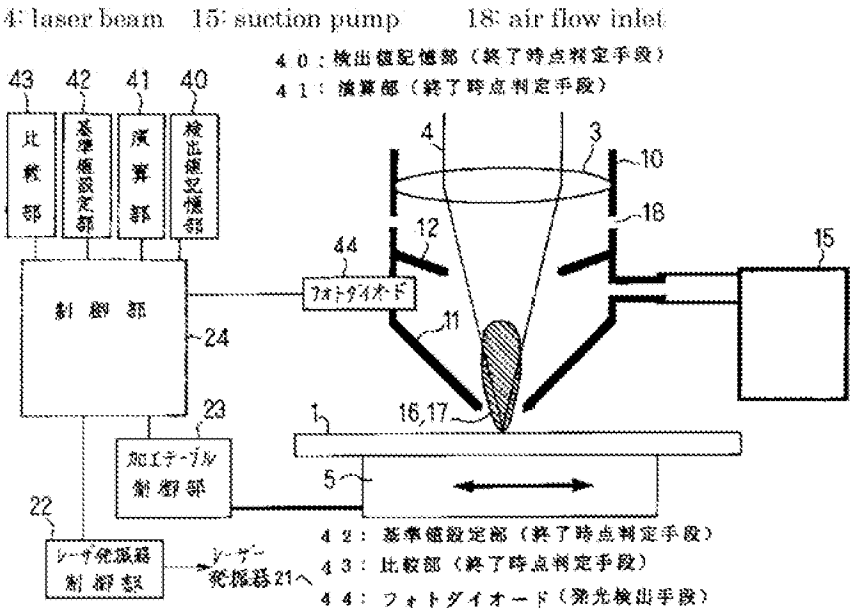
(54) METHOD AND DEVICE FOR MACHINING WIRING BOARD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent sticking of carbide to a cut section or generation of cracking by repeating plural times a grooving process for forming shallow machining grooves and gradually increasing the depth up to full depth.

SOLUTION: The light quantity of plume 16 emitted from a machined part is detected by a photodiode 44 during the cutting; and then, a ratio is calculated between this light quantity and that in the last grooving process stored in a storage part 40 for detected values as a rate of change by an arithmetic part 41. In a comparison part 43, the absolute value and the rate of change of the emitted light quantity are compared with a reference value of an absolute value and a change rate preliminarily set in a reference value setting part 42. If the absolute value is smaller than the reference value, or if the rate of change is larger than the reference value, a controller 24 gives a stop command to a laser beam oscillator control part 22 and a machining table control part 23, and stopping the machining.





Note: While chips and gasses are sucked away from the machined part no fluid flow for removing chips is taught. ([0001] for blind and through features).

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-168877

(43) 公開日 平成9年(1997)6月30日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 3 K 26/00			B 2 3 K 26/00	P
	26/08		26/08	M
	26/14		26/14	B
H 0 5 K 3/00			H 0 5 K 3/00	A
				N
審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 19 頁)				

(21) 出願番号 特願平7-333815

(22) 出願日 平成7年(1995)12月21日

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 竹野 祥瑞

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(72) 発明者 金子 雅之

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(72) 発明者 森安 雅治

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(74) 代理人 弁理士 田澤 博昭 (外2名)

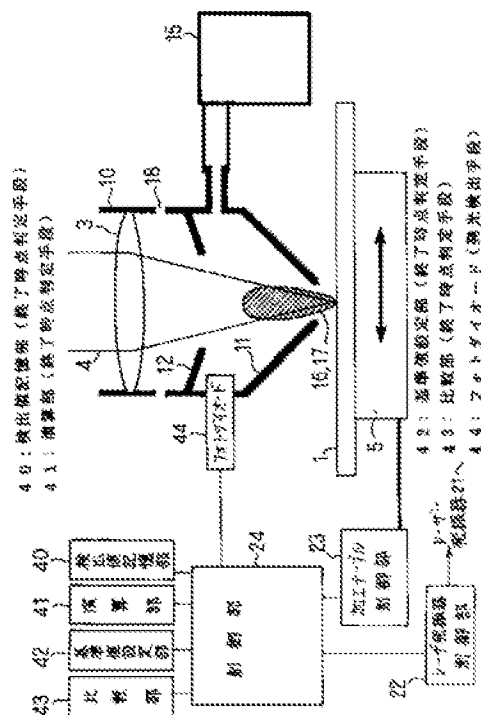
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 配線基板の加工方法および加工装置

(57) 【要約】

【課題】 厚さが0.8mm程度以上の配線基板を加工する場合には、レーザービーム照射部近傍の温度上昇により切断面への炭化物の強固な付着や割れが発生してしまうという課題があった。また、発生した高温のブルームが押しつぶされ配線基板を炭化、熔融するという課題があった。

【解決手段】 加工線に沿ってレーザービームを走査させ全加工深さに比して浅い深さの加工溝を形成する加工溝形成工程を複数回繰り返すことにより前記加工溝の加工深さを順次増加させ、全加工深さの加工を行う形でレーザービームの走査を制御するレーザー走査制御手段を備えたものである。また、図示のレーザー加工用ヘッド10を設けた。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザビームを走査させて穴抜き加工、溝加工、外形カット等の加工を行う配線基板の加工方法において、加工線に沿ってレーザビームを走査させ全加工深さに比して浅い深さの加工溝を形成する加工溝形成工程を複数回繰り返すことにより前記加工溝の加工深さを順次増加させ、全加工深さの加工を行うことを特徴とする配線基板の加工方法。

【請求項2】 レーザビームの走査をパルス状のレーザビームの繰り返し照射により行うことを特徴とする請求項1記載の配線基板の加工方法。

【請求項3】 1回の加工溝形成工程を1回のレーザビームの走査により行うことを特徴とする請求項2記載の配線基板の加工方法。

【請求項4】 1回の加工溝形成工程を複数回のレーザビームの走査により行うことを特徴とする請求項2記載の配線基板の加工方法。

【請求項5】 レーザビームを走査させて穴抜き加工、溝加工、外形カット等の加工を行う配線基板の加工装置において、加工線に沿ってレーザビームを走査させ全加工深さに比して浅い深さの加工溝を形成する加工溝形成工程を複数回繰り返すことにより前記加工溝の加工深さを順次増加させ、全加工深さの加工を行う形でレーザビームの走査を制御するレーザ走査制御手段を備えたことを特徴とする配線基板の加工装置。

【請求項6】 被加工部表面より基板面法線方向3mm以内に部品を配置せず、開放された空間としたことを特徴とする請求項5記載の配線基板の加工装置。

【請求項7】 被加工部表面より基板面法線方向5mm以内に部品を配置せず、開放された空間としたことを特徴とする請求項6記載の配線基板の加工装置。

【請求項8】 レーザビームの被加工部への照射軸方向を、基板面法線方向より傾けたことを特徴とする請求項5記載の配線基板の加工装置。

【請求項9】 被加工部表面付近の気体を吸引するガス吸引手段を設けたことを特徴とする請求項8記載の配線基板の加工装置。

【請求項10】 被加工部へ気体を供給するガス供給手段を設けたことを特徴とする請求項8または請求項9記載の配線基板の加工装置。

【請求項11】 被加工部から発生する発光を検出する発光検出手段と、前記発光検出手段による検出結果を基に加工溝形成工程の繰り返しの終了時点を判定する終了時点判定手段とを備えたことを特徴とする請求項5記載の配線基板の加工装置。

【請求項12】 被加工部から発生する加工音を検出する加工音検出手段と、前記加工音検出手段による検出結果を基に加工溝形成工程の繰り返しの終了時点を判定する終了時点判定手段とを備えたことを特徴とする請求項5記載の配線基板の加工装置。

【請求項13】 被加工部から発生する振動を検出する振動検出手段と、前記振動検出手段による検出結果を基に加工溝形成工程の繰り返しの終了時点を判定する終了時点判定手段とを備えたことを特徴とする請求項5記載の配線基板の加工装置。

【請求項14】 被加工部から発生するブルームにより発生する起電力を検出する起電力検出手段と、前記起電力検出手段による検出結果を基に加工溝形成工程の繰り返しの終了時点を判定する終了時点判定手段とを備えたことを特徴とする請求項5記載の配線基板の加工装置。

【請求項15】 レーザ加工用ヘッド本体先端に設けられた外側ノズルと、前記レーザ加工用ヘッド本体内部・前記外側ノズル後方に設けられた内側ノズルと、前記レーザ加工用ヘッド本体側面・前記外側ノズルと前記内側ノズルとの間に設けられて吸気手段と接続される流出孔と、前記レーザ加工用ヘッド本体側面・前記内側ノズル後方に設けられた気体供給用の流入孔と、前記レーザ加工用ヘッド本体内部・前記流入孔後方に設けられた集光レンズとを備えたレーザ加工用ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は電子関連機器等に用いられる配線基板への穴抜き加工、溝加工、外形カット等をレーザビームの走査により行う配線基板の加工方法および加工装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】図19および図20は従来の配線基板の加工方法を示す概略斜視図であり、図において、1は被加工対象である配線基板、1a、1bは配線基板1が加工により分割されてできる分割配線基板、7は切断部、7aはミシン目、7bはV溝、8は回路パターン、9は実装部品である。

【0003】配線基板1上には複数の分割配線基板1a、1bが形成されており、各分割配線基板1a、1bには、それぞれ回路パターン8が形成されている。また、図19に示したように実装部品9が実装されている場合もある。分割配線基板1a、1bの間は、機械加工により切断部7としてのミシン目7aまたはV溝7bが形成されている。

【0004】次に動作について説明する。配線基板1の製造においては、積層、エッチング、穴あけ、めっき、はんだ付け等により、配線基板1に複数の分割配線基板1a、1bを同時に形成し、それぞれの分割配線基板1a、1bに回路パターン8を形成、あるいはさらに実装部品9を実装する。

【0005】配線基板1の分割配線基板1a、1bへの分割においては、ミシン目7aまたはV溝7bに沿って折り曲げる力を加えることにより切断部7を切断して、分割配線基板1a、1bへと分割する。

【0006】上記の加工方法においては、ミシン目やV

溝をルータや回転鋸刃等の回転刃物で機械的に加工していたが、配線基板の材質は例えばガラスエポキシ樹脂積層板などのガラス繊維に樹脂を浸透させた形のガラス繊維強化プラスチック基板、またはガラスやアルミナなどの単一材料より成るセラミックス基板が多く、ガラス繊維やセラミックスなどの硬脆性のため、刃物など工具の消耗が激しく、かつ切りくず、粉塵が多量に発生するため作業性が悪いものであった。さらに、このような加工方法では複雑な形状の外形加工は不可能であった。複雑な形状の加工にはプレスによる打ち抜き加工が行われているが、この場合には実装部品の実装後には加工を行うことができなかった。

【0007】上記のような問題点を解決する方法として、ミシン目やV溝の形成加工や部品実装後の配線基板の切断加工を回転刃物に代わりレーザー光などの高密度エネルギービームにより非接触で行うことが検討されている。

【0008】しかし、レーザー光などの高密度エネルギービームで配線基板を加工すると、ガラス繊維強化プラスチック基板の場合、加工中の熱により配線基板を構成する樹脂層が炭化するため、照射部および照射部近傍の配線基板表面に炭化物が強固に付着して配線基板の絶縁信頼性を著しく低下させるといった問題が生じていた。また、ガラスやアルミナなどのセラミックス基板の場合は、加工中に生じる熱応力により加工終了後、被加工部周辺に割れが残留し、基板の長期信頼性を低下させるといった問題が生じていた。

【0009】上記のような問題点を解決する方法として、特開昭62-234685号公報、特開昭62-234686号公報、および特開昭62-240186号公報に示される方法がある。

【0010】特開昭62-234685号公報の方法は、パルス状の高密度エネルギービームを用い、1パルスで1穴ずつ貫通穴を開け、ビームの相対移動速度とパルス周波数との関係を調節してミシン目状の穴加工を行い、このミシン目状の穴加工を複数回繰り返して行うことで前工程で形成された穴からずれた加工線上の位置に穴を形成していき加工材を切断するものである。

【0011】また、特開昭62-234686号公報の方法は、パルス状の高密度エネルギービームを用い、1パルスで1穴ずつ貫通穴を開け、ビームの相対移動速度とパルス周波数との関係を調節してミシン目状の穴加工を行い、加工後に配線基板に力を加えて加工材を分割するものである。

【0012】さらに、特開昭62-240186号公報の方法は、パルス状の高密度エネルギービームを用い、1パルスで1穴ずつ非貫通穴を開け、ビームの相対移動速度とパルス周波数との関係を調節してミシン目状の穴加工を行い、このミシン目状の穴加工が重ならないように複数回繰り返して行い、加工後に配線基板に力を加えて

加工材を分割するものである。これらの方法によれば、加工材への高密度エネルギービームの照射が非連続的であるため、ビーム照射部の温度上昇が抑制でき、ビーム照射部への炭化物の強固な付着や割れの発生を抑制することができる。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】従来の配線基板の加工方法は以上のように構成されているので、板厚が0.5mm程度以下の薄板であれば切断面への強固な炭化物の付着や割れの発生はないが、板厚が0.8mm程度以上に厚くなると、貫通穴や深い非貫通穴を形成するためには照射するレーザーの1パルスのエネルギーを大きく取って被加工部に大きなエネルギーを投入する必要があり、ビーム照射部に残留する熱量が多くなり、ビーム照射部近傍の温度上昇により切断面への炭化物の強固な付着や割れが発生してしまうという課題があった。

【0014】また、レーザービームの照射された配線基板の被加工部より、一部プラズマ化した雲状の基板分解物であるブルームが発生するが、発生したブルームが被加工部から1mm程度直上にある加工ノズルにより配線基板表面側に押しつぶされるため、ビーム照射部近傍の配線基板表面が押しつぶされた高温のブルームに曝されて炭化、溶融し、配線基板表面に炭化物が強固に付着したり、割れを含む溶融層が発生したりするという課題があった。

【0015】さらに、上記のように高密度エネルギービームを用いてミシン目状の穴加工を複数回繰り返して行う場合、穴の形成位置のずれや基板のうねりによる焦点位置のずれ、被加工材の表面状態の違いによるビーム吸収率の変化、レーザー出力の変動等により完全に切断されるまでのビーム照射の繰り返し回数が変化し、このため、完全に切断する場合には、繰り返し回数を余分に設定しておく必要があり、加工時間が余分にかかるという課題があった。また、残り代を残して完全に切断しない場合にも、同じ理由により、繰り返し回数を少な目にする必要があり、このため残り代が多くなり、配線基板を折り曲げ力により分割する際に加える力が大きくなって基材に力学的ストレスがかかり、回路パターンを形成する銅箔やはんだが剥離するなどして、得られる分割配線基板の品質低下を招きやすいなどの課題があった。

【0016】この発明は上記のような課題を解決するためになされたもので、加工後に、配線基板表面や切断面に炭化物の付着、割れの残留がなく、分割時に回路パターンを形成する銅箔やはんだが剥離するなどの品質低下を招くことのない加工を効率よく行うことが可能な配線基板の加工方法および加工装置を得ることを目的とする。

【0017】また、この発明は、板厚が0.8mm程度以上に厚い配線基板においても、切断面への炭化物の強固な付着や割れが発生することのない配線基板の加工方

法および加工装置を得ることを目的とする。

【0018】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明に係る配線基板の加工方法は、加工線に沿ってレーザビームを走査させ全加工深さに比して浅い深さの加工溝を形成する加工溝形成工程を複数回繰り返すことにより前記加工溝の加工深さを順次増加させ、全加工深さの加工を行うことで、穴抜き加工、溝加工、外形カット等の加工を行うようにしたものである。

【0019】請求項2記載の発明に係る配線基板の加工方法は、レーザビームの走査をパルス状のレーザビームの繰り返し照射により行うようにしたものである。

【0020】請求項3記載の発明に係る配線基板の加工方法は、1回の加工溝形成工程を1回のレーザビームの走査により行うようにしたものである。

【0021】請求項4記載の発明に係る配線基板の加工方法は、1回の加工溝形成工程を複数回のレーザビームの走査により行うようにしたものである。

【0022】請求項5記載の発明に係る配線基板の加工装置は、加工線に沿ってレーザビームを走査させ全加工深さに比して浅い深さの加工溝を形成する加工溝形成工程を複数回繰り返すことにより前記加工溝の加工深さを順次増加させ、全加工深さの加工を行う形でレーザビームの走査を制御するレーザ走査制御手段を備えたものである。

【0023】請求項6記載の発明に係る配線基板の加工装置は、被加工部表面より基板面法線方向3mm以内に部品を配置せず、開放された空間としたものである。

【0024】請求項7記載の発明に係る配線基板の加工装置は、被加工部表面より基板面法線方向5mm以内に部品を配置せず、開放された空間としたものである。

【0025】請求項8記載の発明に係る配線基板の加工装置は、レーザビームの被加工部への照射軸方向を、基板面法線方向より傾けたものである。

【0026】請求項9記載の発明に係る配線基板の加工装置は、レーザビームの被加工部への照射軸方向を基板面法線方向より傾け、かつ、被加工部表面付近の気体を吸引するガス吸引手段を設けたものである。

【0027】請求項10記載の発明に係る配線基板の加工装置は、レーザビームの被加工部への照射軸方向を基板面法線方向より傾け、かつ、被加工部へ気体を供給するガス供給手段を設けたものである。

【0028】請求項11記載の発明に係る配線基板の加工装置は、被加工部から発生する発光を検出する発光検出手段と、前記発光検出手段による検出結果を基に加工溝形成工程の繰り返しの終了時点を判定する終了時点判定手段とを備えたものである。

【0029】請求項12記載の発明に係る配線基板の加工装置は、被加工部から発生する加工音を検出する加工音検出手段と、前記加工音検出手段による検出結果を基

に加工溝形成工程の繰り返しの終了時点を判定する終了時点判定手段とを備えたものである。

【0030】請求項13記載の発明に係る配線基板の加工装置は、被加工部から発生する振動を検出する振動検出手段と、前記振動検出手段による検出結果を基に加工溝形成工程の繰り返しの終了時点を判定する終了時点判定手段とを備えたものである。

【0031】請求項14記載の発明に係る配線基板の加工装置は、被加工部から発生するブルームにより発生する起電力を検出する起電力検出手段と、前記起電力検出手段による検出結果を基に加工溝形成工程の繰り返しの終了時点を判定する終了時点判定手段とを備えたものである。

【0032】請求項15記載の発明に係るレーザ加工用ヘッドは、レーザ加工用ヘッド本体先端に設けられた外側ノズルと、前記レーザ加工用ヘッド本体内部・前記外側ノズル後方に設けられた内側ノズルと、前記レーザ加工用ヘッド本体側面・前記外側ノズルと前記内側ノズルとの間に設けられて吸気手段と接続される流出孔と、前記レーザ加工用ヘッド本体側面・前記内側ノズル後方に設けられた気体供給用の流入孔と、前記レーザ加工用ヘッド本体内部・前記流入孔後方に設けられた集光レンズとを備えたものである。

【0033】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の一形態を説明する。

実施の形態1. 図1はこの発明の実施の形態1による配線基板の加工方法を示す概略斜視図であり、図において、1は切断加工が行われる配線基板、2は被加工部以外の部分を覆う厚さ100 μ mの銅箔製のパターン保護材、3はZnSe製の集光レンズ、4是集光レンズ3により集光され、配線基板1を切断加工する炭酸ガスレーザによるレーザビーム、5は移動する加工テーブル、7は切断部、8は回路パターンである。

【0034】次に動作について説明する。配線基板1として、ガラス繊維に樹脂を浸透させた形のガラス繊維強化プラスチック基板である厚さ1mmのガラスエポキシ配線基板(FR-4)を用い、被加工部以外の部分をパターン保護材2により覆い、被加工部表面におけるビーム径が直径400 μ mとなるように集光レンズ3を用いてレーザビーム4を集光して配線基板1の被加工部に照射し、10枚の配線基板1を切断した。

【0035】切断時には、配線基板1が固定された加工テーブル5を6m/分の速度で移動させることにより、レーザビーム4の相対的な走査速度を6m/分として直線状に配線基板1上を走査させ、この走査を10回繰り返した。

【0036】レーザビーム4の照射においては、炭酸ガスレーザによるレーザビーム4を、ピーク出力5、6kW、パルス幅50 μ s、パルス周波数300Hzで発振

させ、また、集光レンズ3保護用のアシストガスとして酸素を10 l/分の流量で配線基板1の表面より1 mm上方に設置した図示しないガスノズルを介してレーザービーム4と同軸で被加工部に供給した。

【0037】上記のレーザービーム4の照射条件および加工テーブル5の移動によれば、パルスとパルスの間のレーザービーム4の進行距離が330 μm 、パルス持続中の進行距離が5 μm であり、被加工部表面におけるビーム径が直径400 μm であるため、1パルスで形成される加工穴と次の1パルスで形成される加工穴とがつながった状態となり、1回のレーザービーム4の走査により1回の加工溝形成工程が行われる。

【0038】上記の加工の結果、10枚の配線基板1のどの場合においても、8回から10回の走査回数により完全に切断された。加工後、パターン保護材2を取り外したところ、切断面、基板表面に炭化物はほとんど残留せず、残留した炭化物も超音波洗浄で簡単に除去された。

【0039】以上のように、この実施の形態1によれば、加工溝形成工程を繰り返すことにより全加工深さの加工を行うため、1回の加工溝形成工程当たりの照射エネルギーを小さく設定することができ、被加工部周辺の温度上昇を抑制しながら多数回の加工溝形成工程を繰り返して加工を行うことが可能である。このため、板厚が0.8 mm程度以上のガラス繊維強化プラスチック基板の場合でも配線基板の厚さに関係なく、温度上昇による炭化物の強固な付着を抑制しながら全加工深さの加工を行うことができ、配線基板の絶縁信頼性を低下させない良好な加工品質の加工を行うことができる。

【0040】比較形態1、比較のため、同じガラスエポキシ配線基板で、同じビーム照射条件で、走査速度のみ1 m/分とし、1/6の走査速度として1回の走査で切断を行うようにしたところ、切断面に強固な炭化物が残留した。この炭化物は超音波洗浄によっても除去不可能であり、配線基板の絶縁信頼性を低下させた。

【0041】さらに、同じ配線基板で、パルス幅のみ500 μs として、1パルスのエネルギーを10倍とし、配線基板に1パルスで貫通穴を形成できるようにして、走査速度6 m/分で2回走査して切断を行ったところ、切断面に強固な炭化物が残留した。この炭化物は超音波洗浄によっても除去不可能であり、配線基板の絶縁信頼性を低下させた。

【0042】実施の形態2、図2はこの発明の実施の形態2による配線基板の加工方法を示す概略斜視図であり、図において、1は切断加工が行われる配線基板であり、この実施の形態2においては、単一材料より成るセラミックス基板である厚さ1 mmのノンアルカリガラス基板を用いている。なお、図1に示した前記実施の形態1におけるものと同様のものについては同一符号を付して重複説明を省略する。

【0043】次に動作について説明する。配線基板1の被加工部以外の部分をパターン保護材2により覆い、被加工部表面におけるビーム径が直径400 μm となるように集光レンズ3を用いてレーザービーム4を集光して配線基板1の被加工部に照射し、10枚の配線基板1を切断した。

【0044】切断時には、加工テーブル5の移動により、レーザービーム4の相対的な走査速度を6 m/分として配線基板1の基板端面から5 mmの加工線上を直線状に走査させ、この走査を12回繰り返した。

【0045】レーザービーム4の照射においては、炭酸ガスレーザによるレーザービーム4を、ピーク出力5.6 kW、パルス幅50 μs 、パルス周波数300 Hzで発振させ、また、集光レンズ3保護用のアシストガスとして酸素を10 l/分の流量で配線基板1の表面より1 mm上方に設置した図示しないガスノズルを介してレーザービーム4と同軸で被加工部に供給した。

【0046】上記の加工の結果、10枚の配線基板1のどの場合においても、10回から12回の走査回数により完全に切断された。加工後、パターン保護材2を取り外したところ、切断面の割れ、基板表面の割れを含む溶融層は生じていなかった。

【0047】以上のように、この実施の形態2によれば、加工溝形成工程を繰り返すことにより全加工深さの加工を行うため、1回の加工溝形成工程当たりの照射エネルギーを小さく設定することができ、被加工部周辺の温度上昇を抑制しながら多数回の加工溝形成工程を繰り返して加工を行うことが可能である。このため、板厚が0.8 mm程度以上のセラミックス基板の場合でも配線基板の厚さに関係なく、温度上昇による割れの発生を抑制しながら全加工深さの加工を行うことができ、配線基板の信頼性を低下させない良好な加工品質の加工を行うことができる。

【0048】比較形態2、比較のため、同じノンアルカリガラス基板で、同じビーム照射条件で、走査速度のみ0.5 m/分とし、1/12の走査速度として1回の走査で切断を行ったところ、加工中に被加工部から割れが生じて加工不可能であった。

【0049】さらに、同じノンアルカリガラス基板でパルス幅のみ500 μs として、1パルスのエネルギーを10倍とし、配線基板に1パルスで貫通穴を形成できるようにして、走査速度6 m/分で2回走査して切断を行ったところ、この場合も加工中に被加工部から割れが生じて加工不可能であった。

【0050】実施の形態3、前記実施の形態1および実施の形態2においては、レーザービーム4をパルス幅50 μs 、パルス周波数300 Hzで発振させ、レーザービーム4の相対的な走査速度を6 m/分とすることにより、1パルスで形成される加工穴と次の1パルスで形成される加工穴とをつながった状態として、1回のレーザービ

ム4の走査により1回の加工溝形成工程を行うようにしたが、パルス周波数をより低くするなどして1パルスで形成される加工穴と次の1パルスで形成される加工穴とがつかない状態となるようにし、最初のレーザビーム4の走査により加工線上にミシン目状の複数の加工穴を形成し、次のレーザビーム4の走査により前回と少しずれた加工線上の位置にミシン目状の複数の加工穴を形成し、という走査を繰り返すことにより所定深さの加工溝を形成するなど、複数回のレーザビーム4の走査により1回の加工溝形成工程が行われるようにしてもよい。

【0051】この実施の形態3によれば、レーザビーム4の1パルスが照射された後にすぐに被加工部において放熱が始まるため、温度の上昇を更に抑えることが可能となり、照射部への炭化物の強固な付着や割れの発生を更に抑制して良好な加工品質の加工を行うことができる。

【0052】なお、以上の各実施の形態においては、加工溝形成工程を行う際のレーザビーム4の走査を、パルス状のレーザビーム4の繰り返し照射により行ったが、連続発振のレーザビーム4の照射により行うようにしてもよく、この場合はパルス状のレーザビーム4の繰り返し照射の場合と比較して温度上昇抑制効果は小さいが、配線基板1の材質によっては有効である。

【0053】実施の形態4、図3はこの発明の実施の形態4によるレーザ加工用ヘッドの断面を示す模式図であり、図において、10はレーザ加工用ヘッド、11はレーザ加工用ヘッド10先端に設けられた外側ノズル、12はレーザ加工用ヘッド10内面・外側ノズル11後方に設けられた内側ノズル、13はレーザ加工用ヘッド10側面・外側ノズル11と内側ノズル12との間に設けられた流出孔、14はレーザ加工用ヘッド10側面・内側ノズル12後方に設けられたガス供給孔（流入孔）である。また、15は流出孔13に接続された吸引ポンプ（吸気手段）、16はレーザビーム4の照射された配線基板1より発生した一部プラズマ化した雲状の基板分解物であるブルーム、17は配線基板1より発生した発塵物である。なお、6は集光レンズ3保護用のアシストガス（気体）であり、集光レンズ3はガス供給孔14の後方に設置されている。図1に示した前記実施の形態1におけるものと同様のものについては同一符号を付して重複説明を省略する。

【0054】この実施の形態4のレーザ加工用ヘッド10は、吸引ポンプ15を用いて流出孔13より気体を吸引しながら、ガス供給孔14より、集光レンズ3保護用のアシストガス6を供給するものである。なお、基板表面から外側ノズル11までの距離は1mm、基板表面から内側ノズル12までの距離は8mmとしている。

【0055】次に動作について説明する。配線基板1として、ガラス繊維強化プラスチック基板である厚さ1mmのガラス強化BTレジン基板を用い、被加工部表面で

のビーム径が直径400 μ mとなるように集光レンズ3を用いてレーザビーム4を集光して配線基板1の被加工部に照射し、10枚の配線基板1を切断した。

【0056】切断時には、配線基板1が固定された加工テーブル5を6m/分の速度で移動させることにより、レーザビーム4の相対的な走査速度を6m/分として直線状に配線基板1上を走査させ、この走査を10回繰り返した。

【0057】レーザビーム4の照射においては、炭酸ガスレーザによるレーザビーム4を、ピーク出力5.6kW、パルス幅50 μ s、パルス周波数300Hzで発振させ、また、集光レンズ3保護用のアシストガス6として乾燥エアを10l/分の流量で内側ノズル12内に供給し、外側ノズル11内を吸引ポンプにより負圧とした。

【0058】その結果、外側ノズル11内への外部からの空気の流れが発生し、加工中のブルーム16、発塵物17が外側ノズル11内に吸引され、また、ガス供給孔14より供給されたアシストガス6により、ブルーム16、発塵物17による集光レンズ3の汚れの発生が抑制された。10枚の配線基板1のどの場合においても、8回から10回の走査回数で完全に切断され、切断面、基板表面には炭化層、発塵物17ともに残留していなかった。

【0059】以上のように、この実施の形態4によれば、配線基板1の被加工部より発生したブルーム16および発塵物17を外側ノズル11内に吸引し、これによりレーザビーム4照射部近傍の配線基板1表面への炭化物の強固な付着および発塵物17の堆積を抑制し、加工品質の向上および洗浄工程の軽減を達成することができる。また、ガス供給孔14より供給されるアシストガス6により発塵物17の集光レンズ3への進入を防いで集光レンズ3の汚れを防止して、集光レンズ3の長寿命化を図ることができる。

【0060】実施の形態5、図4はこの発明の実施の形態5によるレーザ加工用ヘッドの断面を示す模式図であり、図において、10はレーザ加工用ヘッド、18は空気流入孔（流入孔）である。なお、図3に示した前記実施の形態4におけるものと同様のものについては同一符号を付して重複説明を省略する。

【0061】この実施の形態5のレーザ加工用ヘッド10は、空気流入孔18より外部から空気が流入可能な状態として、吸引ポンプ15を用いて流出孔13より気体を吸引するものである。なお、基板表面から外側ノズル11までの距離は1mm、基板表面から内側ノズル12までの距離は8mmとしている。

【0062】次に動作について説明する。配線基板1として、ガラス繊維強化プラスチック基板である厚さ1mmのガラスポリアミド配線基板を用い、被加工部表面でのビーム径が直径400 μ mとなるように集光レンズ3

を用いてレーザービーム4を集光して配線基板1の被加工部に照射し、10枚の配線基板1を切断した。

【0063】切断時には、配線基板1が固定された加工テーブル5を6m/分の速度で移動させることにより、レーザービーム4の相対的な走査速度を6m/分として直線状に配線基板1上を走査させ、この走査を10回繰り返した。

【0064】レーザービーム4の照射においては、炭酸ガスレーザーによるレーザービーム4を、ピーク出力5.6kW、パルス幅50 μ s、パルス周波数300Hzで発振させ、また、外側ノズル11内を吸引ポンプ15により負圧とした。

【0065】その結果、外側ノズル11内への外部からの空気の流れ、および空気流入孔18から流入して内側ノズル12内から内側ノズル12外へ向かう空気の流れが発生し、加工中のブルーム16、発塵物17が外側ノズル11内に吸引され、また、ブルーム16、発塵物17による集光レンズ3の汚れの発生が抑制された。10枚の配線基板1のどの場合においても、8回から10回の走査回数で完全に切断され、切断面、基板表面には炭化層、発塵物17とともに残留していなかった。

【0066】以上のように、この実施の形態5によれば、前記実施の形態4と同様にブルーム16および発塵物17を外側ノズル11内に吸引し、これにより加工品質の向上および洗浄工程の軽減を達成することができる。とともに、前記実施の形態4のようにアシストガス6を特に供給することなく、発塵物17の集光レンズ3への進入を防いで集光レンズ3の汚れを防止して、集光レンズ3の長寿命化を図ることができる。

【0067】実施の形態6、図5はこの発明の実施の形態6による配線基板の加工装置の構成を示すブロック図であり、図において、20は、例えば前記実施の形態4、5に示したレーザー加工用ヘッド10等が配置されてレーザービーム4が照射されるレーザー加工用ヘッド、21はレーザー加工用ヘッド20にレーザービーム4を発振・供給するレーザー発振器、22はレーザー発振器21を制御するレーザー発振器制御部（レーザー走査制御手段）、23は加工テーブル5の移動を制御する加工テーブル制御部（レーザー走査制御手段）、24はレーザー発振器制御部22および加工テーブル制御部23に指令を出すNC（Numerical Control）操作盤等の制御部（レーザー走査制御手段）である。

【0068】なお、この実施の形態6におけるレーザー走査制御手段は、前記実施の形態1、2、4、5においてレーザービーム4のパルス幅を50 μ s、パルス周波数を300Hz、走査速度を6m/分とした場合と同様に、1回のレーザービーム4の走査により1回の加工溝形成工程を行うように制御するものとして説明する。

【0069】次に動作について説明する。加工装置の操作者は、制御部24に加工テーブル5の移動速度、レー

ザービーム4の出力、パルス幅、パルス周波数、走査回数等を入力し、加工開始を指示する。制御部24からの制御指令を受けたレーザー発振器制御部22はレーザー発振器21のON・OFFや出力等を制御し、また、制御部24からの制御指令を受けた加工テーブル制御部23は加工テーブル5を操作者により入力された移動速度で移動させ、以上によりレーザービーム4の走査が行われる。

【0070】1回の走査が終了すると、制御部24の指令により図示しないシャッターが閉じるなどしてレーザービーム4の配線基板1への照射が中断され、加工テーブル制御部23が加工テーブル5の位置を戻した後、再度走査が行われる。操作者により入力された走査回数の走査の終了または全加工深さへの到達により加工が終了する。

【0071】上記の配線基板の加工装置を用いて、前記各実施の形態1、2、4、5に示したように、加工テーブル5の移動速度を6m/分、炭酸ガスレーザーによるレーザービーム4のピーク出力を5.6kW、パルス幅を50 μ s、パルス周波数を300Hzに設定して各配線基板1への加工を行ったところ、加工溝形成工程を繰り返すことにより全加工深さの加工を行うことができ、前記各実施の形態1、2、4、5に示した効果が得られた。

【0072】以上のように、この実施の形態6によれば、加工溝形成工程を繰り返すことにより全加工深さの加工を行うことができるため、1回の加工溝形成工程当たりの照射エネルギーを小さく設定することができ、被加工部周辺の温度上昇を抑制しながら多数回の加工溝形成工程を繰り返して加工を行うことが可能である。このため、板厚が0.8mm程度以上の配線基板1の場合でも配線基板1の厚さに関係なく、温度上昇による炭化物の強固な付着や割れの発生を抑制しながら全加工深さの加工を行うことができ、配線基板の信頼性を低下させない良好な加工品質の加工を行うことが可能な配線基板の加工装置とすることができる。

【0073】なお、上記においては、レーザー走査制御手段が1回のレーザービーム4の走査により1回の加工溝形成工程を行うように制御するものとして説明したが、前記実施の形態3に示したように、複数回のレーザービーム4の走査により1回の加工溝形成工程を行うように制御するものとしてもよく、また、レーザービーム4の走査を、パルス状の繰り返し照射ではなく連続照射により行うようにしてもよいことはいふまでもない。

【0074】また、以上に示したレーザー走査制御手段の構成および機能分担は一例であり、他の構成および機能分担とすることも可能であることはいふまでもない。例えば、加工テーブル5を固定としてレーザー加工用ヘッド20を駆動して上記のようなレーザービーム4の走査を行うことも任意であり、また、加工装置の操作者が制御部24に入力する値を上記各値とせず、1回の加工溝形成工程において加工する加工溝の深さ等を入力して、配

線基板1の材質等に応じた適切な値の上記各値を制御部24が自動的に算出するようにしてもよい。

【0075】実施の形態7、図6はこの発明の実施の形態7による配線基板の加工装置の被加工部周辺の構成を示す模式図であり、図において、30はレーザ加工用ヘッド20の先端に設けられ、集光レンズ3保護用のアシストガス6を被加工部に供給するガスノズルであり、その配線基板1からの距離を調節することが可能のように設けられているものである。なお、図1、図3、および図5に示したものと同様のものについては同一符号を付して重複説明を省略する。また、この配線基板の加工装置の被加工部周辺以外の構成は、図5に示した前記実施の形態6のものと同様である。

【0076】次に動作について説明する。この実施の形態7においては、配線基板1として、ガラス繊維強化プラスチック基板である厚さ1mmのガラスエポキシ配線基板(FR-4)を用い、配線基板1の基板表面からガスノズル30までの距離を通常の高さである1mmから11mmまで変化させて、各ノズル高さ条件において10枚の配線基板1に対する切断加工を行い、ノズル高さ条件と切断加工後の被加工部の状態との関係を検証した。

【0077】ノズル高さ条件を変化させる際には、集光レンズ3の基板表面からの距離は一定として集光されたレーザビーム4の被加工部表面におけるビーム径が直径400 μ m一定となるようにしながら、ガスノズル30先端の基板表面からの距離のみを変化させた。

【0078】切断時には、加工テーブル5の移動により、レーザビーム4の相対的な走査速度を6m/分として直線状に走査させ、この走査を10回繰り返した。

【0079】レーザビーム4の照射においては、炭酸ガスレーザによるレーザビーム4を、ピーク出力5、6kW、パルス幅50 μ s、パルス周波数300Hzで発振させ、また、集光レンズ3保護用のアシストガス6として酸素を10l/分の流量でガスノズル30を介して被加工部に供給した。

【0080】その結果、どのノズル高さ条件においても8回から10回の走査回数で完全に切断された。

【0081】図7にこの実施の形態7におけるノズル高さ条件と基板表面の切断部両側に生じた炭化層の幅との関係を示す。図4に示したように、ノズル高さを3mm以上とした場合において炭化層の発生が抑制されており、ノズル高さを5mm以上とした場合には炭化層の発生が認められなかった。

【0082】切断された分割配線基板に対して、超音波洗浄後、短絡試験を実施したところ、ノズル高さ5mm以上で加工が行われた分割配線基板では、短絡しているものは認められなかった。これに対し、ノズル高さ2mm以下で加工が行われた分割配線基板では、どのノズル高さにおいても一部短絡していた。

【0083】以上のように、この実施の形態7によれば、ノズル高さを3mm以上として加工を行うことにより、被加工部より発生する高温のブルーム16がガスノズル30により押しつぶされて配線基板1に当たり、配線基板1表面を炭化、溶融することを抑制することができ、配線基板表面に強固に付着する炭化物の発生を抑制して絶縁信頼性を低下させない良好な切断面の分割配線基板を得ることができる。また、ノズル高さを5mm以上として加工を行うことにより、配線基板表面に強固に付着する炭化物の発生をほぼ完全に抑制して良好な切断面の分割配線基板を得ることができる。

【0084】実施の形態8、図8はこの発明の実施の形態8による配線基板の加工装置の被加工部周辺の構成を示す模式図であり、図において、3はその光軸を配線基板1の基板面法線方向より進行方向後ろ側に60度傾けて設けられた集光レンズ、4はレーザビームである。なお、ガスノズルは設けていない。図1に示したものと同様のものについては同一符号を付して重複説明を省略する。また、この配線基板の加工装置の被加工部周辺以外の構成は、図5に示した前記実施の形態6のものと同様である。

【0085】次に動作について説明する。この実施の形態8においては、配線基板1として、ガラス繊維強化プラスチック基板である厚さ1mmのガラスエポキシ配線基板(FR-4)を用い、この配線基板1に、被加工部表面でのビーム径が直径400 μ mとなるように集光レンズ3を用いて集光したレーザビーム4を、基板面法線方向より進行方向後ろ側に60度傾けて照射して、10枚の配線基板1を切断した。

【0086】切断時には、加工テーブル5の移動により、レーザビーム4の相対的な走査速度を6m/分として直線状に走査させ、この走査を10回繰り返した。レーザビーム4の照射においては、炭酸ガスレーザによるレーザビーム4を、ピーク出力5、6kW、パルス幅50 μ s、パルス周波数300Hzで発振させた。ガスノズルは設けておらず、アシストガス6の供給は行わなかった。

【0087】上記の加工の結果、10枚の配線基板1のどの場合においても、6回から9回の走査回数で完全に切断された。この走査回数はレーザビーム4を基板面法線方向から照射した前記実施の形態7の場合と比較して少ないものとなっている。これは、斜め方向より照射されたレーザビーム4が被加工部より発生したブルーム16に干渉されずに被加工部に直接到達しやすくビームエネルギーの損失が少ないためであると考えられる。

【0088】また、切断面、基板表面には炭化層がほとんど残留しておらず、得られた分割配線基板に対して超音波洗浄後、短絡試験を実施したところ、短絡しているものは認められなかった。

【0089】以上のように、この実施の形態8によれば、

ば、被加工部表面の法線方向を開放された空間としてブルーム16を自由に成長させることができ、ビーム照射部近傍の配線基板表面への炭化物の強固な付着や基板表面の割れを含む溶融層の発生を抑制することができる。また、照射されたレーザービーム4を、被加工部表面の法線方向へ成長するブルーム16と干渉しないようにすることができ、ビームエネルギーのブルーム16による損失を低減して、加工効率を向上することができる。

【0090】なお、上記においては集光レンズ3の光軸を配線基板1の基板面法線方向より進行方向後ろ側に60度傾けて設けたが、特にこれに限るものではなく、基板面法線方向より傾ければ、他の方向・角度でも程度の差はあるが同様の効果が得られることはいうまでもない。

【0091】実施の形態9、図9はこの発明の実施の形態9による配線基板の加工装置の被加工部周辺の構成を示す模式図であり、図において、31は吸引ポンプ15（ガス吸引手段）に接続された吸引ノズル（ガス吸引手段）である。なお、図1、図3、および図8に示したものと同様のものについては同一符号を付して重複説明を省略する。また、この配線基板の加工装置の被加工部周辺以外の構成は、図5に示した前記実施の形態6のものと同様である。

【0092】この実施の形態9は、前記実施の形態8の配線基板の加工装置に、吸引ポンプ15に接続された吸引ノズル31を加えたものである。吸引ノズル31は、ノズル先端を基板表面から1mm上方に、基板面法線方向に向けて配置した。

【0093】次に動作について説明する。吸引ノズル31による吸引以外を前記実施の形態8と同一条件として、10枚の配線基板1を切断した。

【0094】その結果、切断面、基板表面には炭化層がほとんど残留しないことに加え、吸引ノズル31による吸引により、発塵物17の付着も抑制された。得られた分割配線基板に対して超音波洗浄後、短絡試験を実施したところ、炭化層、発塵物17は完全に除去され、短絡しているものは認められなかった。

【0095】以上のように、この実施の形態9によれば、基板表面への炭化物の強固な付着の抑制、加工効率の向上が可能であるとともに、従来、被加工部から発生して被加工部近傍に堆積していた発塵物17を吸引ノズル31により吸引し、配線基板1表面への発塵物17の堆積を抑制して、加工後の発塵物17の洗浄工程を軽減または省略することができる。

【0096】実施の形態10、図10はこの発明の実施の形態10による配線基板の加工装置の被加工部周辺の構成を示す模式図であり、図において、32はガス供給孔14の設けられたガス供給ノズル（ガス供給手段）、6はガス供給ノズル32より被加工部に供給されるアシストガス（気体）である。なお、図9に示したものと

同様のものについては同一符号を付して重複説明を省略する。

【0097】この実施の形態10は、前記実施の形態9の配線基板の加工装置に、ガス供給孔14の設けられたガス供給ノズル32を加えたものである。ガス供給ノズル32は、レーザービーム4の照射軸と同軸に配置した。

【0098】次に動作について説明する。ガス供給孔14よりアシストガス6としての酸素ガスを10l/分で供給してこれをガス供給ノズル32先端から被加工部に供給しながら、これ以外を前記実施の形態8と同一条件として、10枚の配線基板1を切断した。

【0099】その結果、切断面、基板表面の炭化層の残留はさらに低減され、発塵物17の付着も抑制された。また、集光レンズ3への発塵物17の付着も減少し、レンズ寿命を向上することができた。

【0100】得られた分割配線基板に対して超音波洗浄後、短絡試験を実施したところ、炭化層、発塵物17は完全に除去され、短絡しているものは認められなかった。

【0101】以上のように、この実施の形態10によれば、基板表面への炭化物の強固な付着や発塵物17の堆積の更なる抑制および加工効率の向上が可能であるとともに、集光レンズ3への発塵物17の進入を阻止して集光レンズ3の汚れを防止し、集光レンズ3を長寿命化することができる。

【0102】実施の形態11、図11はこの発明の実施の形態11による配線基板の加工装置の構成を示す説明図であり、図において、44は外側ノズル11内に設けられ、ブルーム16の発光量を検出するフォトダイオード（発光検出手段）、40はフォトダイオード44による前回の検出値を記憶する検出値記憶部（終了時点判定手段）、41はフォトダイオード44による今回の検出値と前回の検出値との比を演算する演算部（終了時点判定手段）、42は検出値および比の基準値が設定される基準値設定部（終了時点判定手段）、43は検出値および比の基準値との比較を行う比較部（終了時点判定手段）であり、検出値記憶部40、演算部41、基準値設定部42、および比較部43はメモリ、マイコン、電気回路等により構成されている。なお、図4および図5に示したものと同様のものについては同一符号を付して重複説明を省略する。

【0103】この実施の形態11の配線基板の加工装置は、図5に示した前記実施の形態6の配線基板の加工装置におけるレーザー加工用ヘッド20として、図4に示した前記実施の形態4のレーザー加工用ヘッド10を配置し、このレーザー加工用ヘッド10の外側ノズル11内にフォトダイオード44を配置して、制御部24の周辺に検出値記憶部40、演算部41、基準値設定部42、および比較部43を配置したものである。なお、一例として、検出値記憶部40、演算部41、基準値設定部4

2. 比較部43、およびフォトダイオード44との入出力を、終了時点判定手段としての機能を有した制御部24が行うものとして説明する。

【0104】次に動作について説明する。発光検出手段および終了時点判定手段の動作の概要は以下のようなものである。すなわち、切断加工中、被加工部から発生するブルーム16の発光量がフォトダイオード44により検出され、この発光量と検出値記憶部40に記憶された1回前の加工溝形成工程における発光量との比が演算部41により変化率として計算される。比較部43では、発光量の絶対値および変化率が予め基準値設定部42に設定された絶対値および変化率の基準値と比較される。この結果、絶対値が基準値よりも小さい場合、あるいは変化率が基準値よりも大きい場合には、制御部24がレーザ発振器制御部22および加工テーブル制御部23に停止指令を出し、加工が終了する。

【0105】図12はブルームからの発光量検出値の走査回数に対する変化の測定結果を示すグラフ図である。この発光量の変化は、加工進行による加工深さの増加に伴い、レーザビーム4の焦点と被加工部との距離が変化して被加工部でのビームエネルギー密度が変化することにより、また、加工溝の一部が貫通すること等により生じるものである。

【0106】図12の結果を用いて、制御部24における入力により基準値設定部42に基準値を適正に設定した上で、配線基板1として厚さ1mmのガラスポリイミド基板を用い、基板表面から外側ノズル11までの距離を1mm、内側ノズル12までの距離を8mmとし、被加工部表面でのビーム径が直径400 μ mとなるように集光レンズ3を用いてレーザビーム4を集光して配線基板1の被加工部に照射して、10枚の配線基板1の切断加工を行った。制御部24に対する設定としては、前記各実施の形態と同様に、加工テーブルの移動速度6m/分、炭酸ガスレーザによるレーザビーム4のピーク出力5.6kW、パルス幅50 μ s、パルス周波数300Hzとし、また、外側ノズル11内を吸引ポンプ15により負圧とした。

【0107】上記のようにして切断加工を行ったところ、各配線基板1において、切断された直後に加工が停止し、余分なレーザビーム4の照射が全くなかった。また、基準値を変更することにより、各配線基板1が完全に切断される直前でレーザビーム4の照射を停止させることも可能となった。

【0108】以上のように、この実施の形態11によれば、残り代を形成して折り曲げ力を加えた分割により分割配線基板を作成する場合には、少ない残り代を安定に形成することができる。従って、分割時に加える力を小さくして基材にかかる力学的ストレスを低減することができ、回路パターンを形成する銅箔やはんだの剥離などの品質低下を抑制することができる。

【0109】また、完全に切断する場合には、切断が終了した時点で最低の繰り返し回数により加工が終了されるため、加工のばらつきを考慮して余分な繰り返し回数を設定して加工を行う必要がなくなり、加工時間を最小限に低減することができる。

【0110】なお、図11に示した発光検出手段および終了時点判定手段の構成および機能分担は一例であり、他の構成および機能分担とすることも可能であることはいうまでもない。

【0111】実施の形態12、図13はこの発明の実施の形態12による配線基板の加工装置の構成を示す説明図であり、図において、45は外側ノズル11に設けられ、被加工部から発生する加工音を検出するマイクロフォン（加工音検出手段）である。また、50はマイクロフォン45による前回の検出値を記憶する検出値記憶部（終了時点判定手段）、51はマイクロフォン45による今回の検出値と前回の検出値との比を演算する演算部（終了時点判定手段）、52は検出値および比の基準値が設定される基準値設定部（終了時点判定手段）、53は検出値および比の基準値との比較を行う比較部（終了時点判定手段）である。なお、図11に示したものと同様のものについては同一符号を付して重複説明を省略する。

【0112】次に動作について説明する。加工音検出手段および終了時点判定手段の動作の概要は以下のようなものである。すなわち、切断加工中、被加工部から衝撃波を伴う加工音が発生し、この加工音がマイクロフォン45により検出され、この加工音量と検出値記憶部50に記憶された1回前の加工溝形成工程における加工音量との比が演算部51により変化率として計算される。比較部53では、加工音量の絶対値および変化率が予め基準値設定部52に設定された絶対値および変化率の基準値と比較される。この結果、絶対値が基準値よりも小さい場合、あるいは変化率が基準値よりも大きい場合には、制御部24がレーザ発振器制御部22および加工テーブル制御部23に停止指令を出し、加工が終了する。

【0113】図14は被加工部からの加工音量検出値の走査回数に対する変化の測定結果を示すグラフ図である。この加工音量の変化は、加工進行による加工深さの増加に伴い、レーザビーム4の焦点と被加工部との距離が変化して被加工部でのビームエネルギー密度が変化することにより、また、加工溝の一部が貫通すること等により生じるものである。

【0114】図14の結果を用いて、制御部24における入力により基準値設定部52に基準値を適正に設定した上で、配線基板1として厚さ1mmのガラス強化BTレジン基板を用い、基板表面から外側ノズル11までの距離を1mm、内側ノズル12までの距離を8mmとし、被加工部表面でのビーム径が直径400 μ mとなるように集光レンズ3を用いてレーザビーム4を集光して

配線基板1の被加工部に照射して、10枚の配線基板1の切断加工を行った。制御部24に対する設定としては、前記各実施の形態と同様に、加工テーブル5の移動速度6m/分、炭酸ガスレーザによるレーザビーム4のピーク出力5.6kW、パルス幅50 μ s、パルス周波数300Hzとし、また、外側ノズル11内を吸引ポンプ15により負圧とした。

【0115】上記のようにして切断加工を行ったところ、各配線基板1において、切断された直後に加工が停止し、余分なレーザビーム4の照射が全くなかった。また、基準値を変更することにより、各配線基板1が完全に切断される直前でレーザビーム4の照射を停止させることも可能となった。

【0116】以上のように、この実施の形態12によれば、前記実施の形態11と同様に、残り代を形成する場合には少ない残り代を安定に形成して品質低下を抑制することができ、また、完全に切断する場合には、切断が終了した時点で最低の繰り返し回数により加工を終了することができる。

【0117】実施の形態13、図15はこの発明の実施の形態13による配線基板の加工装置の構成を示す説明図であり、図において、46は配線基板1付近に設けられ、被加工部において蒸発反力により発生した振動を検出するAEセンサ（振動検出手段）である。また、60はAEセンサ46による前回の検出値を記憶する検出値記憶部（終了時点判定手段）、61はAEセンサ46による今回の検出値と前回の検出値との比を演算する演算部（終了時点判定手段）、62は検出値および比の基準値が設定される基準値設定部（終了時点判定手段）、63は検出値および比の基準値との比較を行う比較部（終了時点判定手段）である。なお、図11に示したものと同様のものについては同一符号を付して重複説明を省略する。

【0118】次に動作について説明する。振動検出手段および終了時点判定手段の動作の概要は以下のようものである。すなわち、切断加工中、被加工部において蒸発反力により振動が発生し、この振動がAEセンサ46により検出され、この振動強度と検出値記憶部60に記憶された1回前の加工溝形成工程における振動強度との比が演算部61により変化率として計算される。比較部63では、振動強度の絶対値および変化率が予め基準値設定部62に設定された絶対値および変化率の基準値と比較される。この結果、絶対値が基準値よりも小さい場合、あるいは変化率が基準値よりも大きい場合には、制御部24がレーザ発振器制御部22および加工テーブル制御部23に停止指令を出し、加工が終了する。

【0119】図16は被加工部からの振動強度検出値の走査回数に対する変化の測定結果を示すグラフ図である。この振動強度の変化は、加工進行による加工深さの増加に伴い、レーザビーム4の焦点と被加工部との距離

が変化して被加工部でのビームエネルギー密度が変化することにより、また、加工溝の一部が貫通すること等により生じるものである。

【0120】図16の結果を用いて、制御部24における入力により基準値設定部62に基準値を適正に設定した上で、配線基板1として厚さ1mmのガラスポリイミド基板を用い、基板表面から外側ノズル11までの距離を1mm、内側ノズル12までの距離を8mmとし、被加工部表面でのビーム径が直径400 μ mとなるように集光レンズ3を用いてレーザビーム4を集光して配線基板1の被加工部に照射して、10枚の配線基板1の切断加工を行った。制御部24に対する設定としては、前記各実施の形態と同様に、加工テーブル5の移動速度6m/分、炭酸ガスレーザによるレーザビーム4のピーク出力5.6kW、パルス幅50 μ s、パルス周波数300Hzとし、また、外側ノズル11内を吸引ポンプ15により負圧とした。

【0121】上記のようにして切断加工を行ったところ、各配線基板1において、切断された直後に加工が停止し、余分なレーザビーム4の照射が全くなかった。また、基準値を変更することにより、各配線基板1が完全に切断される直前でレーザビーム4の照射を停止させることも可能となった。

【0122】以上のように、この実施の形態13によれば、前記実施の形態11および実施の形態12と同様に、残り代を形成する場合には少ない残り代を安定に形成して品質低下を抑制することができ、また、完全に切断する場合には、切断が終了した時点で最低の繰り返し回数により加工を終了することができる。

【0123】実施の形態14、図17はこの発明の実施の形態14による配線基板の加工装置の構成を示す説明図であり、図において、47a～47dは外側ノズル11に設けられ、被加工部から発生するブルーム16により発生する起電力を検出する電極（起電力検出手段）、48は各電極47b～47dと電極47aとの間の起電力を検出する電圧計（起電力検出手段）である。また、72は各電極47b～47dと電極47aとの間の起電力の基準値が設定される基準値設定部（終了時点判定手段）、73は各電極47b～47dと電極47aとの間の起電力の検出値と基準値との比較を行う比較部（終了時点判定手段）、74は比較部73における比較結果を基にブルーム16の高さを判定する判定部（終了時点判定手段）である。なお、図11に示したものと同様のものについては同一符号を付して重複説明を省略する。

【0124】電極47a～47dとしては、 ϕ 0.2mmの銅線を用い、電極47aを配線基板1の表面直上に、電極47bを外側ノズル11先端に、電極47cを外側ノズル11先端から集光レンズ3側に1mmの位置に、電極47dを外側ノズル11先端から集光レンズ3側に2mmの位置に設置し、電極47aを接地した。ま

た、外側ノズル11先端が、配線基板1の表面から1mm上方になるようにレーザ加工用ヘッド10を配置した。

【0125】次に動作について説明する。切断加工中、被加工部において一部プラズマ化した雲状の基板分解物であるブルーム16が発生し、このプラズマ化したブルーム16が電極47aおよび電極47b~47dと触れることにより電極47b~47dと電極47aとの間に起電力が発生し、この起電力が電圧計48により測定される。電極47b~47dのうちブルーム16が触れた電極は、試料表面直上の接地された電極47aとの間に約150mVの起電力が測定される。

【0126】図18は被加工部から発生するブルーム16により、各電極47b~47dに発生する起電力の走査回数に対する変化の測定結果を示すグラフ図である。この起電力の変化は、加工進行による加工深さの増加に伴い、レーザビーム4の焦点と被加工部との距離が変化して被加工部でのビームエネルギー密度が変化することにより、また、加工溝の一部が貫通すること等により生じるものであり、加工の進行により、まず最も上方にある電極47dの電極47aとの間の起電力（絶対値）が低下し、次に電極47cの電極47aとの間の起電力が低下し、最後に電極47bの電極47aとの間の起電力が低下する。従って、この各電極47b~47dの起電力の変化により、配線基板1の加工の進行状況を知ることができる。

【0127】起電力検出手段および終了時点判定手段の動作の概要は以下のようなものである。すなわち、基準値設定部72には、予め、各電極47b~47dの起電力の基準値が制御部24における入力により設定される。また、制御部24に加工を終了するブルーム16の高さが入力されて加工が開始される。

【0128】切断加工中、各電極47b~47dの起電力は電圧計48により検出され、この検出値と基準値設定部72に設定された各電極47b~47dの起電力の基準値とが比較部73において比較される。

【0129】判定部74においては、比較部73における比較結果を基に、配線基板1表面からのブルーム16の高さを、

- ・電極47dの起電力の検出値が基準値以上の場合は3mm以上、
- ・電極47dの起電力の検出値が基準値に等しい場合は3mm、
- ・電極47dの起電力の検出値が基準値未満で電極47cの起電力の検出値が基準値以上の場合は2mm以上3mm未満、
- ・電極47cの起電力の検出値が基準値に等しい場合は2mm、
- ・電極47cの起電力の検出値が基準値未満で電極47bの起電力の検出値が基準値以上の場合は1mm以上2

mm未満、

- ・電極47bの起電力の検出値が基準値に等しい場合は1mm、
 - ・電極47bの起電力の検出値が基準値未満の場合は1mm未満
- というように判定する。

【0130】判定部74により判定されたブルーム16の高さが、制御部24に入力された加工を終了するブルーム16の高さに一致したとき、制御部24はレーザ発振器制御部22および加工テーブル制御部23に停止指令を出し、加工が終了する。

【0131】基準値設定部72に各電極47b~47dの起電力の基準値を適正に設定し、また、加工を終了するブルーム16の高さを1mm未満と入力した上で、配線基板1として厚さ1mmのガラスエポキシ基板を用い、基板表面から外側ノズル11までの距離を1mm、内側ノズル12までの距離を8mmとし、被加工部表面でのビーム径が直径400μmとなるように集光レンズ3を用いてレーザビーム4を集光して配線基板1の被加工部に照射して、10枚の配線基板1の切断加工を行った。制御部24に対する設定としては、前記各実施の形態と同様に、加工テーブル5の移動速度6m/分、炭酸ガスレーザによるレーザビーム4のピーク出力5.6kW、パルス幅50μs、パルス周波数300Hzとし、また、外側ノズル11内を吸引ポンプ15により負圧とした。

【0132】上記のようにして切断加工を行ったところ、各配線基板1において、切断された直後に加工が停止し、余分なレーザビーム4の照射が全くなかった。また、基準値を変更することや、加工を終了するブルーム16の高さを1~2mmに変更することでそれぞれの基板が完全に切断される直前でビーム照射を停止させることも可能となった。

【0133】以上のように、この実施の形態14によれば、前記実施の形態11から実施の形態13と同様に、残り代を形成する場合には少ない残り代を安定に形成して品質低下を抑制することができ、また、完全に切断する場合には、切断が終了した時点で最低の繰り返し回数により加工を終了することができる。

【0134】

【発明の効果】以上のように、請求項1記載の発明によれば、加工線に沿ってレーザビームを走査させ全加工深さに比して浅い深さの加工溝を形成する加工溝形成工程を複数回繰り返すことにより前記加工溝の加工深さを順次増加させ、全加工深さの加工を行うように構成したので、1回の加工溝形成工程当たりの照射エネルギーを小さく設定することができ、被加工部周辺の温度上昇を抑制することができる効果がある。多数回の加工溝形成工程を繰り返して加工する際にも、被加工部に加工溝形成工程により加えられた熱は次の加工溝形成工程に入る

までに放散するため、何度でも加工溝形成工程を繰り返すことが可能であり、このため、配線基板の厚さに関係なく被加工部周辺の温度上昇を抑制しながら加工を行うことが可能となり、これにより、板厚が0.8mm程度以上の配線基板の場合にも照射部への炭化物の強固な付着や割れの発生を抑制しながら加工を行うことができ、加工品質を向上することができる効果がある。

【0135】請求項2記載の発明によれば、レーザビームの走査をパルス状のレーザビームの繰り返し照射により行うように構成したので、レーザビーム連続照射の場合と比較して被加工部に残留する熱量を少量とすることができ、被加工部の温度上昇を更に抑制しながら加工を行うことが可能となり、更に加工品質を向上することができる効果がある。

【0136】請求項3記載の発明によれば、1回の加工溝形成工程を1回のレーザビームの走査により行うように構成したので、単純なレーザビームの走査制御および少ない走査回数により、請求項2記載の発明の効果を得ることができる効果がある。

【0137】請求項4記載の発明によれば、1回の加工溝形成工程を複数回のレーザビームの走査により行うように構成したので、レーザビームの1パルスが照射された後にすぐに被加工部において放熱が始まるため、温度の上昇をより更に抑えることが可能となり、照射部への炭化物の強固な付着や割れの発生をより更に抑制して加工品質をより更に向上することができる効果がある。

【0138】請求項5記載の発明によれば、加工線に沿ってレーザビームを走査させ全加工深さに比して浅い深さの加工溝を形成する加工溝形成工程を複数回繰り返すことにより前記加工溝の加工深さを順次増加させ、全加工深さの加工を行う形でレーザビームの走査を制御するレーザ走査制御手段を備えるように構成したので、配線基板の厚さに関係なく被加工部周辺の温度上昇を抑制しながら加工を行うことが可能となり、これにより、板厚が0.8mm程度以上の配線基板の場合にも照射部への炭化物の強固な付着や割れの発生を抑制することができ、良好な加工品質の加工を行うことができる効果がある。

【0139】請求項6記載の発明によれば、被加工部表面より基板面法線方向3mm以内に部品を配置せず、開放された空間とするように構成したので、従来の、被加工部上方の障害物のために高温のブルームが上方に自由に成長できず配線基板表面に押しつけられ、配線基板表面が高温のブルームに曝されて損傷が生じていた状況を回避してブルームを上方に自由に成長させ、ビーム照射部近傍の配線基板表面への炭化物の強固な付着や基板表面の割れを含む溶融層の発生を抑制して加工品質を向上することができる効果がある。

【0140】請求項7記載の発明によれば、被加工部表面より基板面法線方向5mm以内に部品を配置せず、開

放された空間とするように構成したので、ビーム照射部近傍の配線基板表面への炭化物の強固な付着や基板表面の割れを含む溶融層の発生をほぼ完全に抑制して加工品質をより向上することができる効果がある。

【0141】請求項8記載の発明によれば、レーザビームの被加工部への照射軸方向を、基板面法線方向より傾けるように構成したので、被加工部表面の法線方向を開放された空間としてブルームを自由に成長させることができ、ビーム照射部近傍の配線基板表面への炭化物の強固な付着や基板表面の割れを含む溶融層の発生を抑制することができる効果がある。また、照射されたレーザビームを、被加工部表面の法線方向へ成長するブルームと干渉しないようにすることができ、ビームエネルギーのブルームによる損失を低減して、加工効率を向上することができる効果がある。

【0142】請求項9記載の発明によれば、レーザビームの被加工部への照射軸方向を基板面法線方向より傾け、かつ、被加工部表面付近の気体を吸引するガス吸引手段を設けるように構成したので、ビーム照射部近傍の配線基板表面への炭化物の強固な付着や基板表面の割れを含む溶融層の発生を抑制することができ、加工効率を向上することができるとともに、従来、被加工部から発生して被加工部近傍に堆積していた発塵物をガス吸引手段により吸引し、配線基板表面への発塵物の堆積を抑制して、加工後の発塵物の洗浄工程を軽減または省略することができる効果がある。

【0143】請求項10記載の発明によれば、レーザビームの被加工部への照射軸方向を基板面法線方向より傾け、かつ、被加工部へ気体を供給するガス供給手段を設けるように構成したので、ビーム照射部近傍の配線基板表面への炭化物の強固な付着や基板表面の割れを含む溶融層の発生を抑制でき、加工効率を向上することができるとともに、被加工部から発生する発塵物を気体により吹き飛ばすことができるため、被加工部周辺への発塵物の堆積を低減し、加工後の発塵物の洗浄工程を軽減または省略することができる効果がある。また、ガス供給手段の気体の供給方向をレーザ照射軸と同軸とすれば、レーザ照射軸への発塵物の進入を阻止して集光レンズの汚れを防止し、集光レンズを長寿命化することができる効果がある。

【0144】請求項11記載の発明によれば、被加工部から発生する発光を検出する発光検出手段と、前記発光検出手段による検出結果を基に加工溝形成工程の繰り返しの終了時点を判定する終了時点判定手段とを備えるように構成したので、被加工部から発生する発光の検出を基に適切な加工溝形成工程の繰り返しの終了時点を判定することが可能となり、残り代を形成して加工する場合には少ない残り代を安定に形成することができ、例えば折り曲げ力を加えた分割により分割配線基板を作成する際には加える力を小さくして分割時に基板にかかる力学

的ストレスを低減することができ、回路パターンを形成する銅箔やはんだの剥離などの品質低下を抑制することができる効果がある。また、完全に切断する場合には、切断が終了した時点で最低の繰返し回数により加工が終了されるため、加工のばらつきを考慮して余分な繰返し回数を設定して加工を行う必要がなくなり、加工時間を最小限に低減することができる効果がある。

【0145】請求項12記載の発明によれば、被加工部から発生する加工音を検出する加工音検出手段と、前記加工音検出手段による検出結果を基に加工溝形成工程の繰返しの終了時点を判定する終了時点判定手段とを備えるように構成したので、被加工部から発生する加工音の検出を基に適切な加工溝形成工程の繰返しの終了時点を判定することが可能となり、請求項11記載の発明と同様に、残り代を形成して加工する場合、完全に切断する場合の両方の場合において良好な加工を行うことができる効果がある。

【0146】請求項13記載の発明によれば、被加工部から発生する振動を検出する振動検出手段と、前記振動検出手段による検出結果を基に加工溝形成工程の繰返しの終了時点を判定する終了時点判定手段とを備えるように構成したので、被加工部から発生する振動の検出を基に適切な加工溝形成工程の繰返しの終了時点を判定することが可能となり、請求項11記載の発明と同様に、残り代を形成して加工する場合、完全に切断する場合の両方の場合において良好な加工を行うことができる効果がある。

【0147】請求項14記載の発明によれば、被加工部から発生するブルームにより発生する起電力を検出する起電力検出手段と、前記起電力検出手段による検出結果を基に加工溝形成工程の繰返しの終了時点を判定する終了時点判定手段とを備えるように構成したので、被加工部から発生するブルームにより発生する起電力の検出を基に適切な加工溝形成工程の繰返しの終了時点を判定することが可能となり、請求項11記載の発明と同様に、残り代を形成して加工する場合、完全に切断する場合の両方の場合において良好な加工を行うことができる効果がある。

【0148】請求項15記載の発明によれば、レーザ加工用ヘッドを、レーザ加工用ヘッド本体先端に設けられた外側ノズルと、前記レーザ加工用ヘッド本体内部・前記外側ノズル後方に設けられた内側ノズルと、前記レーザ加工用ヘッド本体側面・前記外側ノズルと前記内側ノズルとの間に設けられて吸気手段と接続される流出孔と、前記レーザ加工用ヘッド本体側面・前記内側ノズル後方に設けられた気体供給用の流入孔と、前記レーザ加工用ヘッド本体内部・前記流入孔後方に設けられた集光レンズとを備えるように構成したので、流出孔に接続された吸気手段により発塵物およびブルームを吸引し、これによりビーム照射部近傍の配線基板表面への炭化物の強

固な付着、基板表面の割れを含む溶融層の発生、および発塵物の堆積を抑制し、加工品質の向上および洗浄工程の軽減を達成することができるとともに、流入孔より供給される気体の内側ノズル内から内側ノズル外への流れにより発塵物の集光レンズへの進入を防いで集光レンズの汚れを防止して、集光レンズの長寿命化を図ることができる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1による配線基板の加工方法を示す概略斜視図である。

【図2】 この発明の実施の形態2による配線基板の加工方法を示す概略斜視図である。

【図3】 この発明の実施の形態4によるレーザ加工用ヘッドの断面を示す模式図である。

【図4】 この発明の実施の形態5によるレーザ加工用ヘッドの断面を示す模式図である。

【図5】 この発明の実施の形態6による配線基板の加工装置の構成を示すブロック図である。

【図6】 この発明の実施の形態7による配線基板の加工装置の被加工部周辺の構成を示す模式図である。

【図7】 実施の形態7におけるノズル高さと切断部の基板表面に生じた炭化層幅との関係を示すグラフ図である。

【図8】 この発明の実施の形態8による配線基板の加工装置の被加工部周辺の構成を示す模式図である。

【図9】 この発明の実施の形態9による配線基板の加工装置の被加工部周辺の構成を示す模式図である。

【図10】 この発明の実施の形態10による配線基板の加工装置の被加工部周辺の構成を示す模式図である。

【図11】 この発明の実施の形態11による配線基板の加工装置の構成を示す説明図である。

【図12】 ブルームからの発光量検出値の走査回数に対する変化の測定結果を示すグラフ図である。

【図13】 この発明の実施の形態12による配線基板の加工装置の構成を示す説明図である。

【図14】 被加工部からの加工音検出値の走査回数に対する変化の測定結果を示すグラフ図である。

【図15】 この発明の実施の形態13による配線基板の加工装置の構成を示す説明図である。

【図16】 被加工部からの振動強度検出値の走査回数に対する変化の測定結果を示すグラフ図である。

【図17】 この発明の実施の形態14による配線基板の加工装置の構成を示す説明図である。

【図18】 被加工部から発生するブルームにより、各電極に発生する起電力の走査回数に対する変化の測定結果を示すグラフ図である。

【図19】 従来の配線基板の切断方法を示す概略斜視図である。

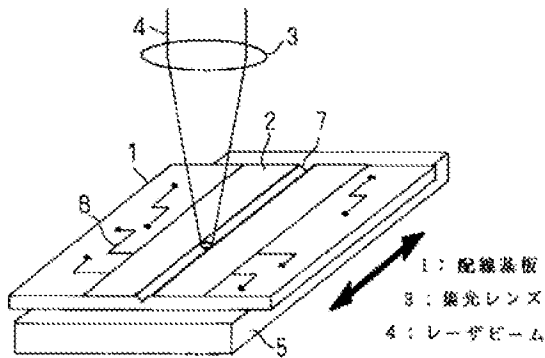
【図20】 従来の配線基板の切断方法を示す概略斜視図である。

【符号の説明】

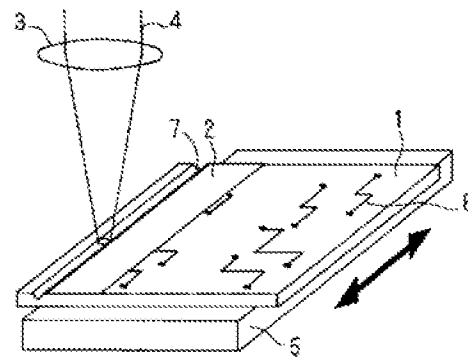
1 配線基板、3 集光レンズ、4 レーザビーム、6 アシストガス（気体）、10 レーザ加工用ヘッド、11 外側ノズル、12 内側ノズル、13 流出孔、14 ガス供給孔（流入孔）、15 吸引ポンプ（吸気手段、ガス吸引手段）、16 ブルーム、18 空気流入孔（流入孔）、22 レーザ発振器制御部（レーザ走査制御手段）、23 加工テーブル制御部（レーザ走査制御手段）、24 制御部（レーザ走査制御手段、終了時点判定手段）、31 吸引ノズル（ガス吸引手段）、3

2 ガス供給ノズル（ガス供給手段）、40、50、60 検出値記憶部（終了時点判定手段）、41、51、61 演算部（終了時点判定手段）、42、52、62、72 基準値設定部（終了時点判定手段）、43、53、63、73 比較部（終了時点判定手段）、44 フォトダイオード（発光検出手段）、45 マイクロフォン（加工音検出手段）、46 AEセンサ（振動検出手段）、47a～47d 電極（起電力検出手段）、48 電圧計（起電力検出手段）、74 判定部（終了時点判定手段）。

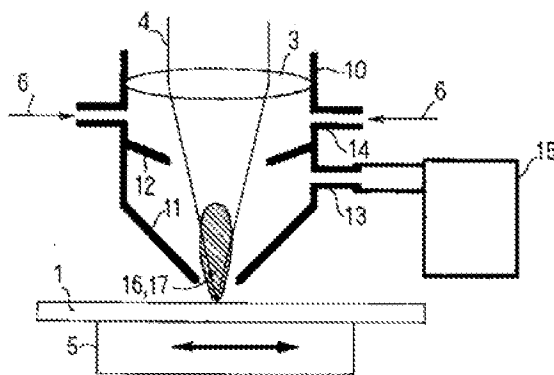
【図1】



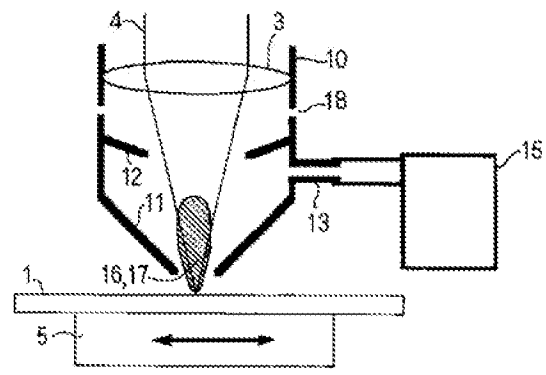
【図2】



【図3】



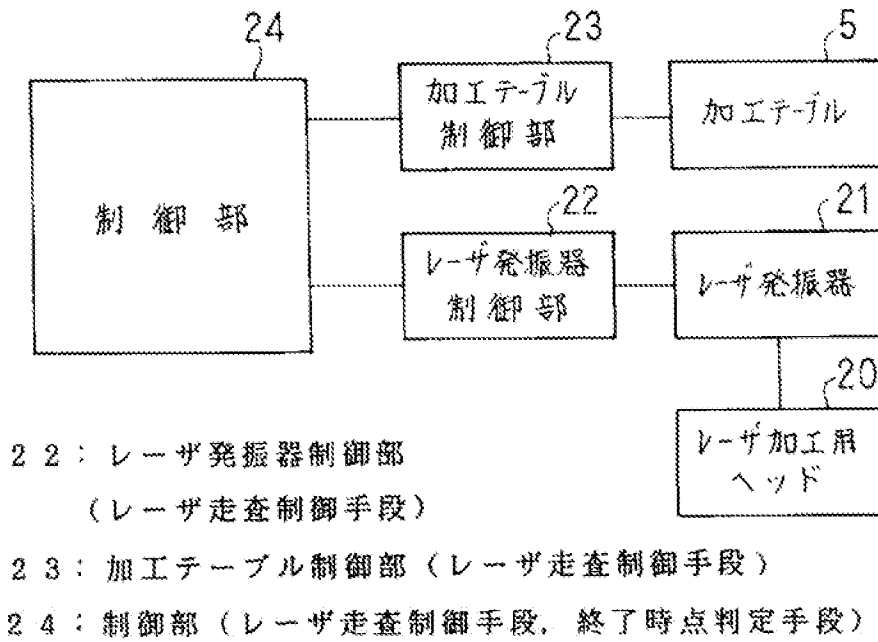
【図4】



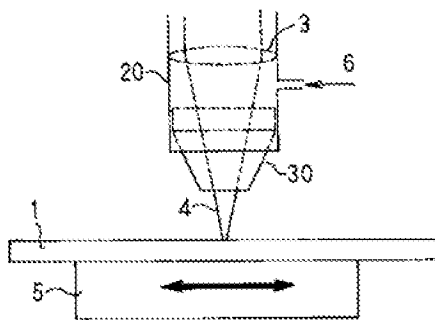
10: レーザ加工用ヘッド
11: 外側ノズル
12: 内側ノズル
14: ガス供給孔（流入孔）
15: 吸引ポンプ（吸気手段、ガス吸引手段）
16: ブルーム

18: 空気流入孔（流入孔）

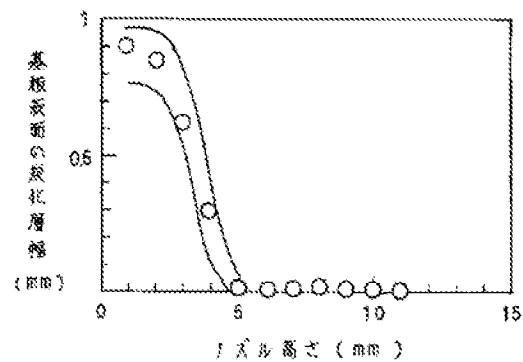
【図5】



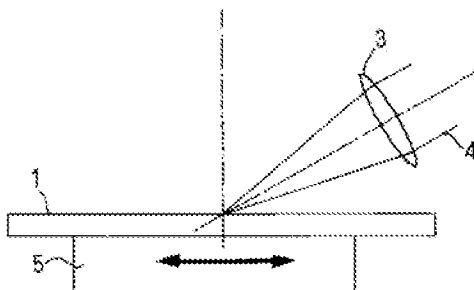
【図6】



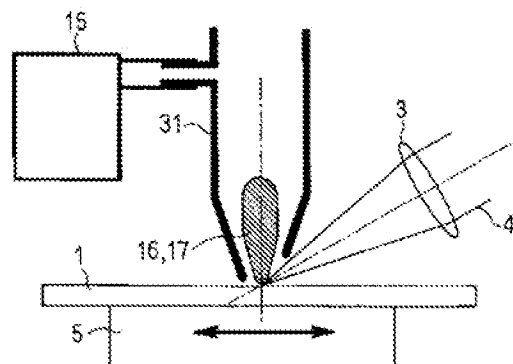
【図7】



【図8】

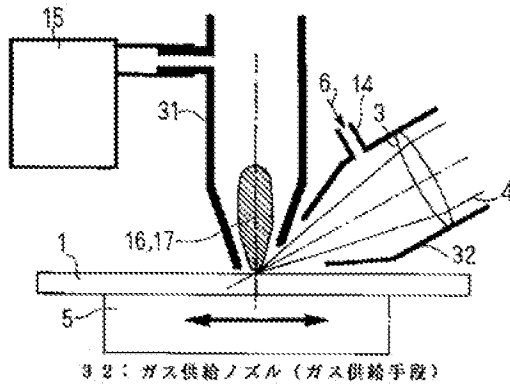


【図9】

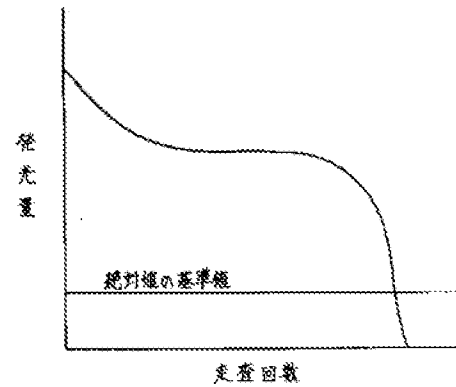


31: 吸引ノズル (ガス吸引手段)

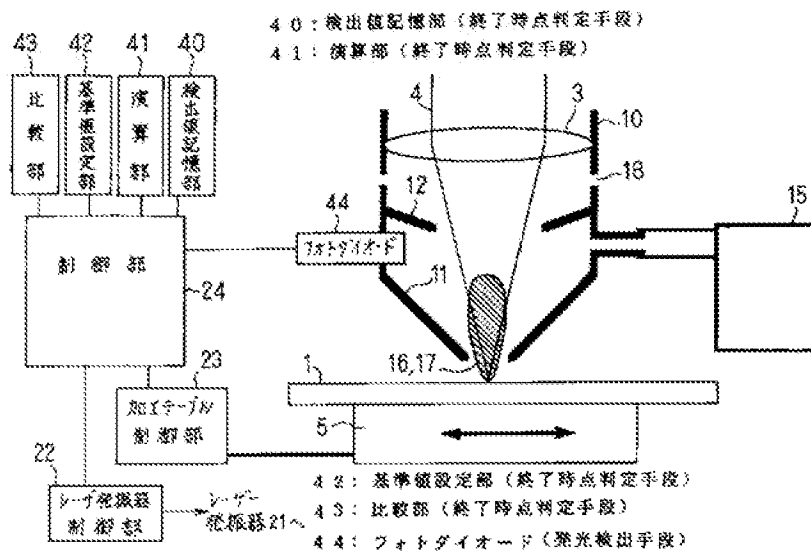
【図10】



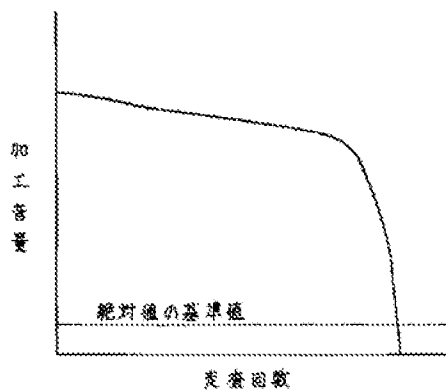
【図12】



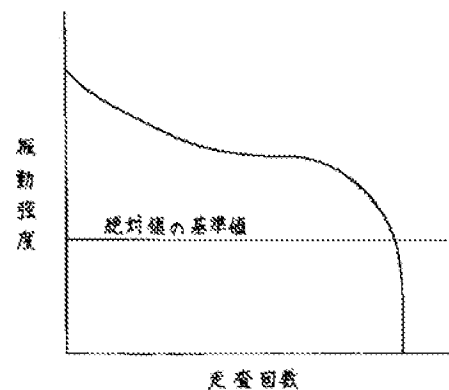
【図11】



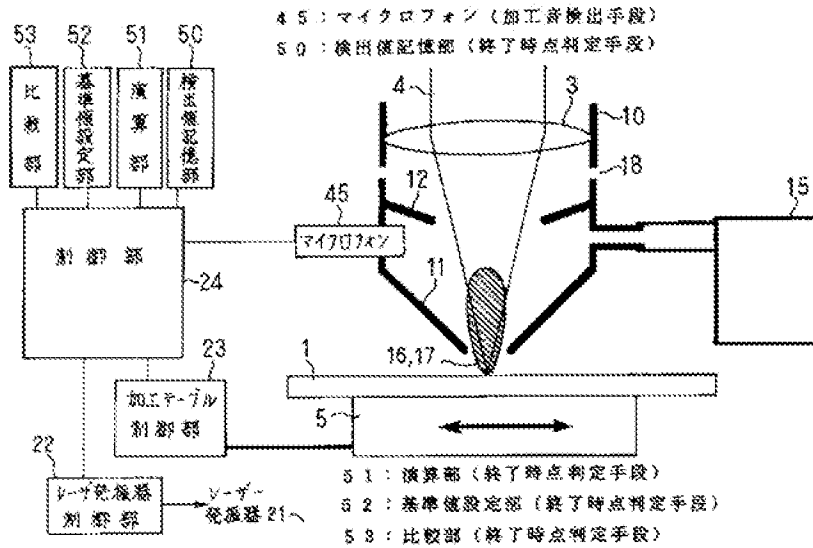
【図14】



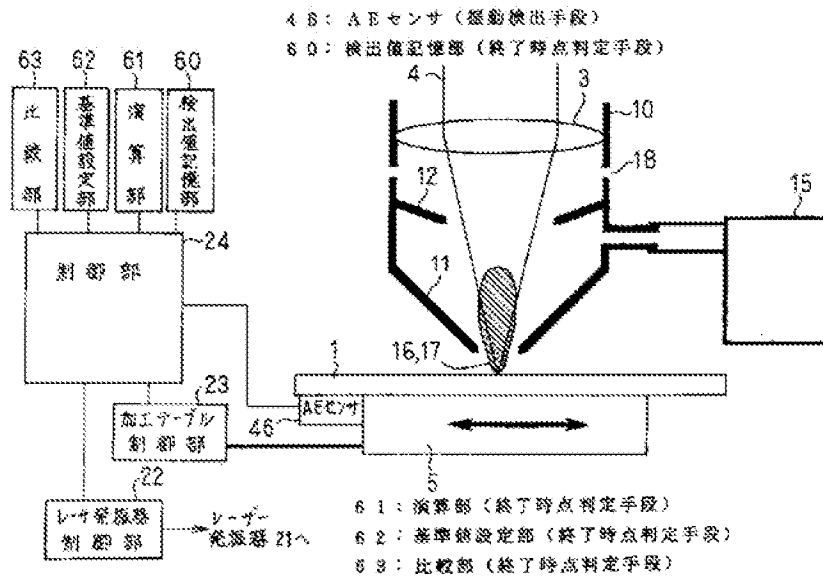
【図16】



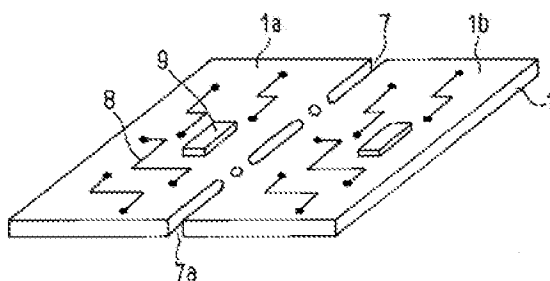
【図13】



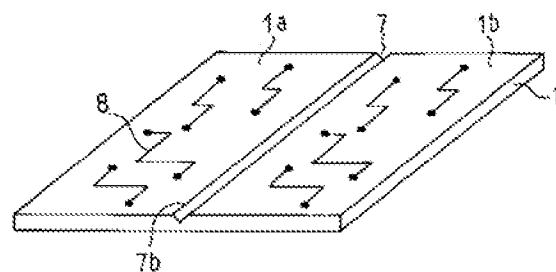
【図15】



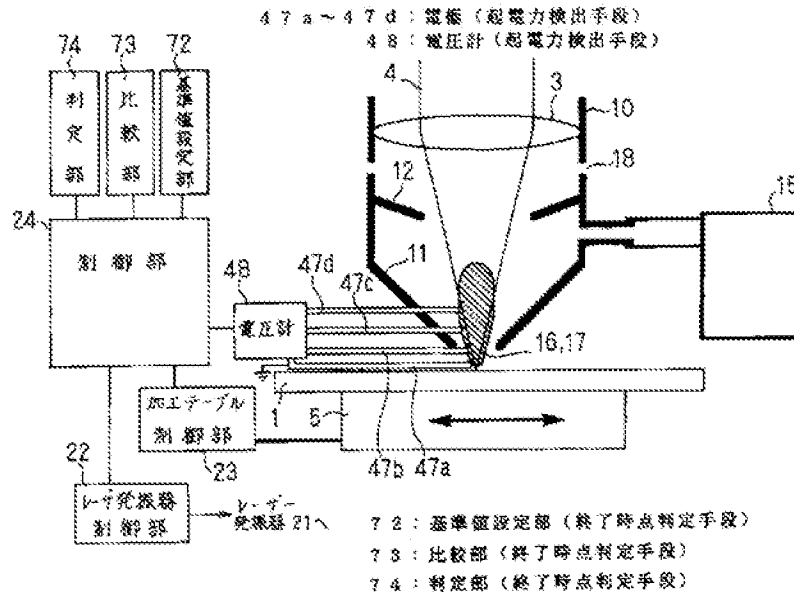
【図19】



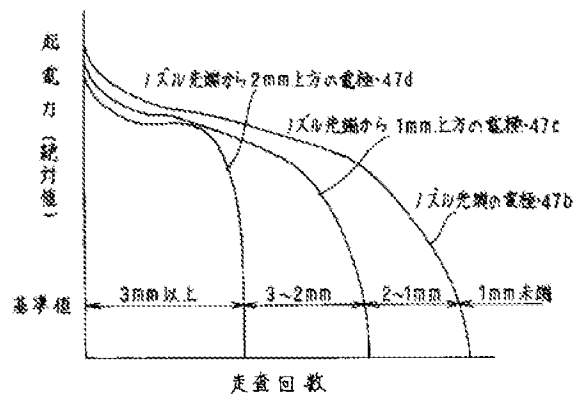
【図20】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

(72)発明者 湯山 崇之
 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
 菱電機株式会社内